



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 42 10 121 C 1

51 Int. Cl.⁵:
A 61 B 6/00
A 61 B 5/0452
A 61 B 5/021
H 04 N 5/321
H 05 G 1/62

21 Aktenzeichen: P 42 10 121.2-35
22 Anmeldetag: 27. 3. 92
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29. 4. 93

DE 42 10 121 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

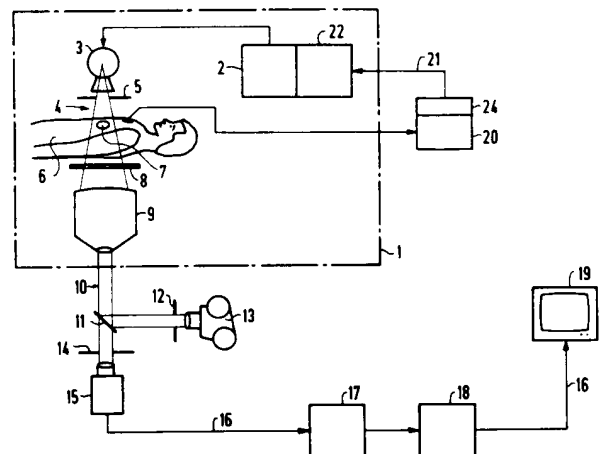
73 Patentinhaber:
Siemens AG, 8000 München, DE

72 Erfinder:
Horbascheck, Heinz, Dipl.-Ing. (FH), 8520 Erlangen,
DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
H.H. ELLEGAST, R. KLOß, H. MAYR, E. AMMANN,
W. KÜHNEL: »Digitale Subtraktionsangiographic
(DSA) in einem universellen Röntgendiagnostik-
raum mit neuem Multipuls-Hochfrequenzgenerator«
in DE-Z.: electromedica 53 (1985), H. 1, S. 16-21;

54 Röntgendiagnostikanordnung

57 Bei einer Röntgendiagnostikanordnung mit einem Röntgenapparat (1), der zur Darstellung eines sich bewegenden Objektes (7) eine gepulste Röntgenstrahlung (4) abgibt, deren Pulsfolgefrequenz einstellbar ist, wird zur Verbesserung der Bewegungsschärfe und Auflösung der einzelnen Bewegungsphasen des Objektes (7) bei optimierter Strahlenbelastung ein die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierender Sensor (20) vorgesehen, dessen Ausgangssignal zur automatischen Änderung der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates (1) in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) verwendet ist.



DE 42 10 121 C 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Röntgendiagnostikanordnung mit einem Röntgenapparat, der zur Darstellung eines bewegten Objektes eine gepulste Röntgenstrahlung abgibt, deren Pulsfolgefrequenz einstellbar ist.

Bei bekannten Röntgendiagnostikanordnungen wird die Röntgenstrahlung des Röntgenapparates gepulst, um bewegte Objekte möglichst scharf abzubilden (electromedica 53 (1985), H. 1, 16—21). Die Pulsfrequenz ist derart einstellbar, daß etwa 12,5 bis 100 Bilder je Sekunde erzeugt werden. Die Einstellung wird manuell vorgenommen und ist abhängig von der notwendigen Auflösung der Bewegungsphasen sowie von der Strahlenbelastung von Patient und Arzt. Dabei wird die Impulszeit möglichst kurz gewählt, um geringe Verwischungseffekte zu bekommen. Sie muß jedoch bei größeren Objekten bis zu einem Maximalwert eingestellt werden. Dabei gibt die maximale Röntgenröhrenkurzzeit und Dauerleistung die Grenzen für Pulsfrequenz und Pulsbreite und auch der Szenenlänge vor.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß ein zu untersuchendes bewegtes Objekt, z. B. ein schlagendes Herz, während der Röntgenuntersuchungsdauer seine Bewegungsgeschwindigkeit ständig ändert. Daraus folgt, daß bei langsamen Geschwindigkeitsphasen innerhalb der Untersuchungsdauer die eingestellte Röntgenpulsfrequenz unnötig hoch sein kann. Andererseits kann bei schnellen Bewegungsphasen innerhalb der Untersuchungsdauer die eingestellte Pulsfrequenz zu niedrig sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Röntgendiagnostikanordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, womit Röntgenbilder erzeugt werden können, deren Bewegungsschärfe und Auflösung der einzelnen Bewegungsphasen des Objektes bei optimierter Strahlenbelastung verbessert ist.

Diese Aufgabe wird durch eine Röntgendiagnostikanordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Nach der Erfindung ist in der Röntgendiagnostikanordnung ein die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes detektierender Sensor vorgesehen, dessen Ausgangssignal zur automatischen Änderung der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes verwendet ist. Dadurch kann bei schnellen Bewegungsphasen die Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates selbsttätig erhöht und bei langsamen Bewegungsphasen die Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates selbsttätig vermindert werden. Im Ergebnis wird die Bewegungsschärfe und die Auflösung der einzelnen Bewegungsphasen des Objektes bei optimierter Strahlenbelastung verbessert. Die erfindungsgemäße selbsttätige Änderung der Pulsfrequenz kann dabei um eine manuell voreinstellbare Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von der jeweiligen Bewegungsphase des Objektes schwanken. Die vorgegebene Pulsfolgefrequenz wird also in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes moduliert. Die voreingestellte Pulsfolgefrequenz ist sonach eine Basisfrequenz, die durch das Ausgangssignal des Bewegungssensors automatisch variiert wird. Die voreingestellte Pulsfolgefrequenz liegt also unterhalb der für schnelle Bewegungen erforderlichen Pulsfolgefrequenz. Dadurch wird die Strahlenbelastung optimiert.

In vorteilhafter Ausbildung der Erfindung ist zwischen dem die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes detektierenden Sensor und dem Röntgenapparat eine

Wirkverbindung vorhanden, welche eine Einrichtung zur Steuerung der Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Sensors umfaßt. Mit der vorliegenden Erfindung läßt sich ein Arbeitsplatz für die Angiografie, insbesondere Cardangiografie, optimieren, was besonders für den gepulsten Durchleuchtungsbetrieb und für den digitalen Kinobetrieb ohne Kinofilm von Vorteil ist.

Wenn es erwünscht ist, eine bestimmte Bewegungsphase des Objektes darzustellen, kann das Sensor-Ausgangssignal mit einer Schwellenspannung, z. B. in einer Komparatorschaltung, verglichen werden. Der Röntgenimpuls kann dabei jeweils in den Zeitpunkten ausgelöst werden, in denen das Sensor-Ausgangssignal mit der voreinstellbaren Schwellenspannung übereinstimmt. Mit dem durch einen Vergleich erzeugten Ausgangssignal kann zusätzlich die Dosis der Röntgenimpulse, z. B. durch Erhöhung der Röntgenimpulse, gesteuert werden. Dadurch können auswählbare Bewegungsphasen des Objektes sowohl als Einzelbilder als auch in einer Folge von Bildern mit anderen Bewegungsphasen besonders deutlich dargestellt werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den Ansprüchen.

Es zeigen:

Fig. 1 bis **3** erfindungsgemäße Varianten einer Röntgendiagnostikanordnung,

Fig. 4 ein von einem erfindungsgemäßen Sensor aufgenommenes Elektrokardiogramm von einem Herzen (Objekt),

Fig. 5 eine Darstellung der wahren Bewegungsgeschwindigkeit des sich bewegenden Herzens (Objektes),

Fig. 6 eine Darstellung des von dem erfindungsgemäßen Sensor detektierten Ausgangssignales bei Vorliegen eines Elektrokardiogramms gemäß **Fig. 4**,

Fig. 7 eine Röntgenimpulsfolge, deren Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von einem Ausgangssignal gemäß **Fig. 6** variiert und

Fig. 8 Fernsehnormbildfrequenzimpulse eines Bildwiedergabegerätes in einer erfindungsgemäßen Röntgendiagnostikanordnung.

In **Fig. 1** ist eine Röntgendiagnostikanordnung mit einem Röntgenapparat **1** dargestellt. Der Röntgenapparat **1** umfaßt in diesem Ausführungsbeispiel wenigstens eine Röntgenröhrensteuerschaltung **2**, mit der neben der Pulsfolgefrequenz unter anderem auch die Pulsdauer und die Pulsamplitude (Dosis) einer Röntgenröhre **3** einstellbar ist. Die Röntgenröhre **3** gibt eine gepulste Röntgenstrahlung **4** in an sich bekannter Weise über eine Blende **5**, über einen Patientenkörper **6** — der ein sich bewegendes Objekt **7**, z. B. ein Herz, enthält — und über ein Raster **8** an einen Röntgenbildverstärker **9** ab. In einem aus einem Röntgenbildverstärker **9** austretenden Strahlengang **10** ist ein halbdurchlässiger Spiegel **11** angeordnet, der das Röntgenbild einerseits über eine Kinoiris **12** auf eine Filmkamera **13** reflektiert und andererseits über eine Fernsehiris **14** zu einer Fernsehkamera **15** durchläßt. Das Ausgangssignal der Fernsehkamera **15** wird über einen Fernsehbildsignalweg **16** (Video), der eine Fernsehzentrale **17** und einen Bildspeicher **18** umfaßt, zu einem Bildwiedergabegerät **19** geführt.

In der Röntgendiagnostikanordnung nach **Fig. 1** ist erfindungsgemäß ein die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes **7** detektierender Sensor **20** vorgesehen, dessen Ausgangssignal zur automatischen Änderung der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates **1** in Ab-

hängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes 7 verwendet ist. Dazu ist in diesem Ausführungsbeispiel eine Wirkverbindung 21 zwischen dem Sensor 20 und dem Röntgenapparat 1 vorhanden, wobei die Wirkverbindung eine Einrichtung 22 zur Variation der Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Sensors 20 umfaßt. Die Einrichtung 22 zur Variation der Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Sensors 20 kann mit der Röntgenröhrensteuerschaltung 2 kombiniert sein.

Nach einer Variante der Erfindung ist der Sensor 20 ein Bestandteil eines Gerätes zum Erzeugen eines Elektrokardiogrammes 23, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Dadurch kann in vorteilhafter Weise ein derartiges Gerät mitbenutzt werden, insbesondere, wenn das Elektrokardiogramm 23 durch eine Zusatzschaltung 24 (Fig. 1) umgeformt wird. Durch diese Umformung, z. B. mit einem RLC-Kreis, erhält man z. B. ein Ausgangssignal 25, das in Fig. 6 dargestellt ist. Das in Fig. 6 dargestellte Ausgangssignal 25 entspricht weitgehend der wahren Bewegungsgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes 7 und ist durch die Kurve 26 in Fig. 5 dargestellt.

Aus Fig. 6 ist auch entnehmbar, daß das Ausgangssignal 25 des Sensors 20 im vorliegenden Ausführungsbeispiel (Fig. 1) bei niedrigen Amplitudenwerten etwa 10 Pulse je Sekunde und bei hohen Amplitudenwerten etwa 50 Pulse je Sekunde bewirkt. Diese automatische Änderung bzw. Variation der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates 1 wird durch die Einrichtung 22 erreicht, der über die Wirkverbindung 21 das Ausgangssignal 25 zugeführt wird. Die Abhängigkeit der Pulsfolgefrequenz von der Amplitude des Ausgangssignales 25 ist auch aus Fig. 7 entnehmbar, in welcher auf einer Zeitachse eine Impulsfolge mit durch die Amplitude des Ausgangssignales 25 gemäß Fig. 6 variierten Pulsabständen (schwankende Pulsfolgefrequenz) dargestellt ist.

Der in Fig. 1 dargestellte Sensor 20 kann nach einer Variante der Erfindung auch Bestandteil eines Blutdruckmeßgerätes sein. Auch aus dem Verlauf der gemessenen Blutdruckkurve läßt sich ähnlich wie bei der zuvor beschriebenen Ausbildung mit einem Gerät zum Erzeugen eines Elektrokardiogrammes ebenfalls ein Ausgangssignal z. B. durch Umformung detektieren, das zur automatischen Änderung der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates 1 in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes 7, z. B. eines Herzens, verwendbar ist.

Schließlich ist es nach einer weiteren Variante der Erfindung noch möglich, für den in Fig. 1 prinzipiell dargestellten Sensor 20 einen auf das sich bewegende Objekt 7 gerichteten Ultraschallsensor einzusetzen.

In Fig. 2 ist eine Röntgendiagnostikanordnung gemäß Fig. 1 dargestellt, die sich durch eine gegenüber den bisher beschriebenen Sensorschaltungen abweichende Sensoranordnung auszeichnet. Der Sensor 20 ist in diesem Ausführungsbeispiel eingangsseitig an den Fernsehbildsignalweg 16 angekoppelt. Dabei ist der Sensor 20 so ausgebildet, daß er aus wenigstens zwei aufeinanderfolgenden Fernsehbildern einen aus der Objektbewegung resultierenden Unterschied detektiert. Dazu kann dem Sensor 20 über eine Leitung 27 ein in dem Bildspeicher 18 gespeichertes und vorhergehendes Bild zugeführt werden. Über eine Leitung 28 wird dem Sensor 20 aus dem Fernsehbildsignal 16 ein aktuelles Fernsehbild zugeführt. Die beiden über die Leitungen 27 und 28 als Videosignal zugeführten Fernsehbilder können sodann in dem Sensor 20 zeitlich differenziert werden.

Aus dem Differenzsignal kann dann in der Zusatzschaltung 24 ein Ausgangssignal ähnlich dem Ausgangssignal 25 in Fig. 6 z. B. durch Umformung detektiert werden. Dies Ausgangssignal kann dann über die Wirkverbindung 21 an die Einrichtung 22 zur automatischen Variation der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates 1 abgegeben werden, wie es bereits zu einem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 beschrieben ist.

Eine in Fig. 3 dargestellte Röntgendiagnostikanordnung weist gemäß der Erfindung wiederum den Sensor 20 auf, der z. B. als Bestandteil eines Gerätes zum Erzeugen eines Elektrokardiogrammes ausgebildet sein kann. Dieser Sensor 20 weist eine zusätzliche Ausgangsleitung 29 auf, über die ein Signal zur Einstellung bzw. Variation der Bildfolgefrequenz der Fernsehkamera 15 abgegeben wird. Das über die Leitung 29 abgegebene Signal ist von dem Ausgangssignal 25 des Sensors 20 abgeleitet oder entspricht diesem. Das über die Leitung 29 der Fernsehkamera zugeführte Signal zur Änderung der Bildfolgefrequenz der Fernsehkamera in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes 7 kann aber auch von den erfindungsgemäß variierten Röntgenimpulsen abgeleitet werden, z. B. aus der Einrichtung 22 zur Variation der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates 1 (Ableitung nicht dargestellt). Bei derartiger Ausbildung der erfindungsgemäßen Röntgendiagnostikanordnung ist die Fernsehbildaufnahmefrequenz der Kamera 15 nicht mehr phasenstarr zur Bildwiedergabefrequenz des Bildwiedergabegerätes 19.

In Weiterbildung dieses erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels nach Fig. 3 ist eine Bildausgabesteuerschaltung 30 vorgesehen. Die Bildausgabesteuerschaltung 30 erhält über eine Leitung 31, z. B. aus dem Bildwiedergabegerät 19, Normbildfolgefrequenzimpulse. Es ist aber auch möglich, Normbildfolgefrequenzimpulse aus der Fernsehzentrale 17 auszugeben, wobei dann die Leitung 31 von dieser Zentrale 17 ausgehen würde. Die Bildausgabesteuerschaltung 30 steht über die Leitung 29 mit der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates in Wirkverbindung. Dabei kann über die Leitung 29 der Bildausgabesteuerschaltung 30 und der Fernsehkamera 15 eine Impulsfolge zugeführt werden, wie sie in Fig. 7 dargestellt ist. Über die Leitung 31 werden der Bildausgabesteuerschaltung 30 Normbildfolgefrequenzimpulse zugeführt, wie sie in Fig. 8 dargestellt sind. Die Steuerung des Bildspeichers 18 erfolgt dabei derart über eine Leitung 32, daß bei Eintreffen eines Impulses 33 (Fig. 7) über die Leitung 29 ein zugehöriges und über die Fernsehkamera 15 aufgenommenes Bild in den Bildspeicher 18 eingespeichert und zugleich dem Bildwiedergabegerät 19 zugeführt wird. Wie aus den Fig. 7 und 8 ersichtlich, ist die Normbildfolgefrequenz gemäß Fig. 8 im Bereich der variablen Pulsfolgefrequenz gemäß Fig. 7 zwischen den Einzelimpulsen 33 und 34 größer als die Pulsfolgefrequenz (Pulsabstand) dieser Einzelimpulse 33 und 34. Daher wird durch die Normbildfolgefrequenzimpulse 35 und 36 (Fig. 8) das im Bildspeicher 18 eingespeicherte Bild wiederholt ausgegeben, bis mit dem Impuls 34 (Fig. 7) ein neues Bild von der Fernsehkamera 15 im Bildspeicher 18 eintrifft.

In Weiterbildung der Erfindung ist in Fig. 3 zusätzlich ein Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei das Ausgangssignal des die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes 7 detektierenden Sensors 20 auch zur automatischen Änderung der Pulsdauer des Röntgenapparates 1 in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes 7 verwendet ist. Dazu ist als Wirkverbindung eine Leitung 37 zwischen dem Sensor 20 und dem

Röntgenapparat 1 vorhanden. Des weiteren ist eine Einrichtung 38 zur Variation (Änderung) der Pulsdauer der Einzelimpulse innerhalb einer Impulsfolge der Röntgenröhre 3 vorgesehen. Durch die dadurch bewirkte erfindungsgemäße Kombination einer automatischen Variation sowohl der Pulsfolgefrequenz als auch der Pulsdauer der gepulsten Röntgenstrahlung innerhalb einer Impulsfolge können die Bewegungsschärfe und die Auflösung der Bewegungsphasen des sich bewegenden Objektes 7 mit den so gewonnenen Röntgenbildern nochmals verbessert werden. Bei einer zusätzlichen Variation der Impulsdauer kann die Röntgenröhrensteuerschaltung 2 mit einer Anordnung 39 zur Helligkeitsmessung verbunden sein, um die Dosisleistung der gepulsten Röntgenstrahlung der sich ändernden Pulsdauer anzupassen.

Patentansprüche

1. Röntgendiagnostikanordnung mit einem Röntgenapparat (1), der zur Darstellung eines sich bewegenden Objektes (7) eine gepulste Röntgenstrahlung (4) abgibt, deren Pulsfolgefrequenz einstellbar ist, wobei ein die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierender Sensor (20) vorgesehen ist, dessen Ausgangssignal (25) zur automatischen Änderung der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates (1) in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) verwendet ist.
2. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 1, wobei zwischen dem die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierenden Sensor (20) und dem Röntgenapparat (1) eine Wirkverbindung (21) vorhanden ist, welche eine Einrichtung (22) zur Variation der Pulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Sensors (20) umfaßt.
3. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierende Sensor (20) ein Bestandteil eines Gerätes zum Erzeugen eines Elektrokardiogrammes (23) ist.
4. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierende Sensor (20) ein Bestandteil eines Blutdruckmeßgerätes ist.
5. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierende Sensor (20) ein auf das sich bewegende Objekt (7) gerichteter Ultraschallsensor ist.
6. Röntgendiagnostikanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die einen Röntgenbildverstärker (9) umfaßt, dessen Ausgangssignal von einer Fernsehkamera (15) aufgenommen und über einen Fernsehsignalweg (16) einem Fernsehbildwiedergabegerät (19) zugeführt ist, wobei an dem Fernsehbildsignalweg (16) der die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierende Sensor (20) eingangsseitig angekoppelt ist.
7. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 6, wobei der Sensor (20) aus wenigstens zwei aufeinanderfolgenden Fernsehbildern einen aus der Objektbewegung resultierenden Unterschied detektiert und als elektrisches Ausgangssignal (25) zur automatischen Variation der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates (1) an diesen abgibt.
8. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 6

oder 7, wobei die Fernsehkamera (15) mit einer Bildfolgefrequenz arbeitet, die von dem Ausgangssignal (25) des Sensors (20) abgeleitet und/oder mit der sich automatisch ändernden Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates (1) phasensynchron verknüpft ist.

9. Röntgendiagnostikanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei in dem Fernsehbildsignalweg (16) ein Bildspeicher (18) für über die Fernsehkamera (15) aufgenommene Röntgenbilder vorgesehen ist, die von dem Bildwiedergabegerät (19) mit einer Normbildfolgefrequenz wiedergegeben werden, wobei die Bildausgabe aus dem Bildspeicher (18) über eine Bildausgabesteuerschaltung (30) gesteuert ist, die mit der Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates in Wirkverbindung steht, wobei die Bildausgabesteuerschaltung (30) ein zuletzt in den Bildspeicher (18) eingespeichertes Röntgenbild mehrmals ausgibt, wenn die Pulsfolgefrequenz des Röntgenapparates (1) kleiner als die Normbildfolgefrequenz des Fernsehbildwiedergabegerätes (19) ist.

10. Röntgendiagnostikanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Ausgangssignal (25) des die Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) detektierenden Sensors (20) auch zur automatischen Änderung der Pulsdauer des Röntgenapparates (1) in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Objektes (7) verwendet ist.

11. Röntgendiagnostikanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Sensor-Ausgangssignal (25) in einer Vergleichsschaltung mit einer Schwellenspannung vergleichbar ist und wobei ein Röntgenimpuls zu Zeitpunkten auslösbar ist, in denen das Sensor-Ausgangssignal (25) mit der voreinstellbaren Schwellenspannung übereinstimmt.

12. Röntgendiagnostikanordnung nach Anspruch 11, wobei das von der Vergleichsschaltung gelieferte Ausgangssignal die Dosis der Röntgenimpulse des Röntgenapparates (1) erhöht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

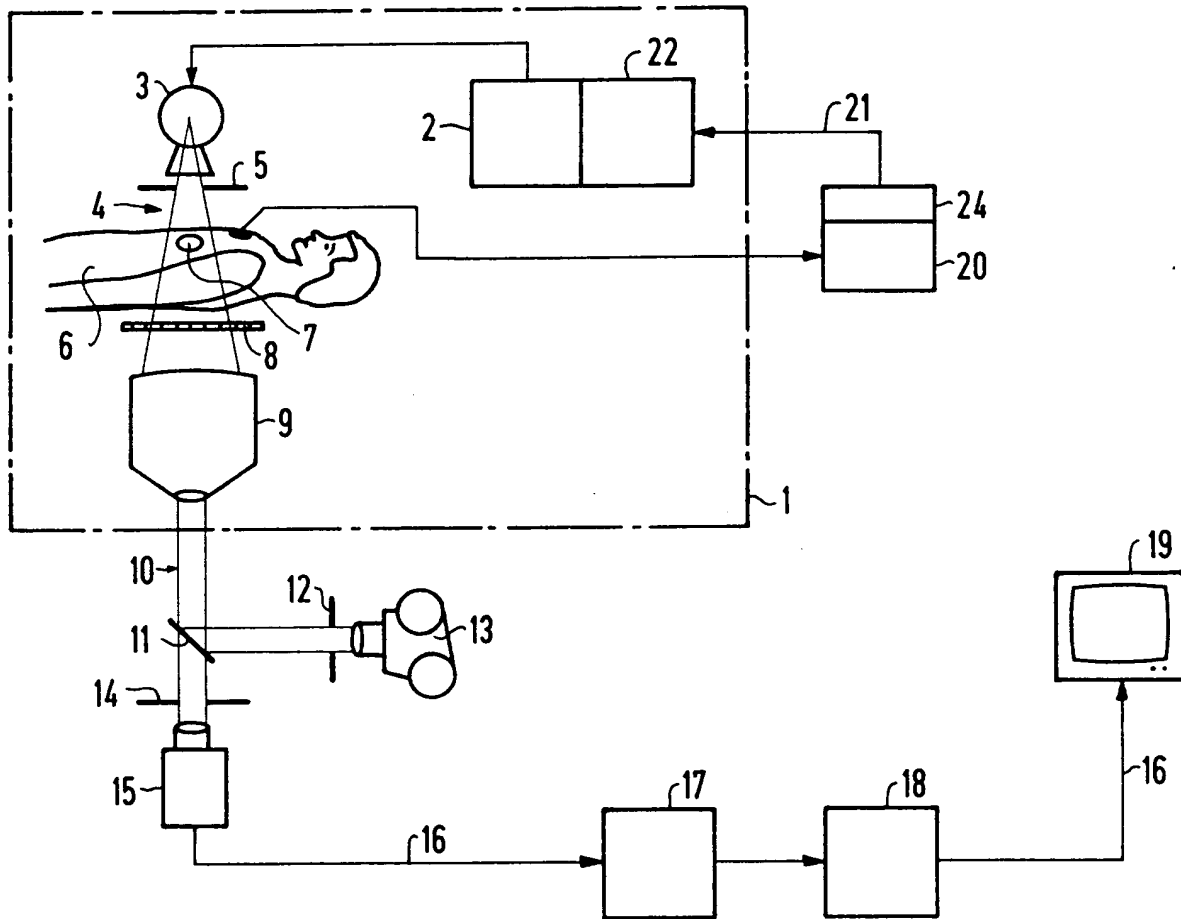


FIG 1

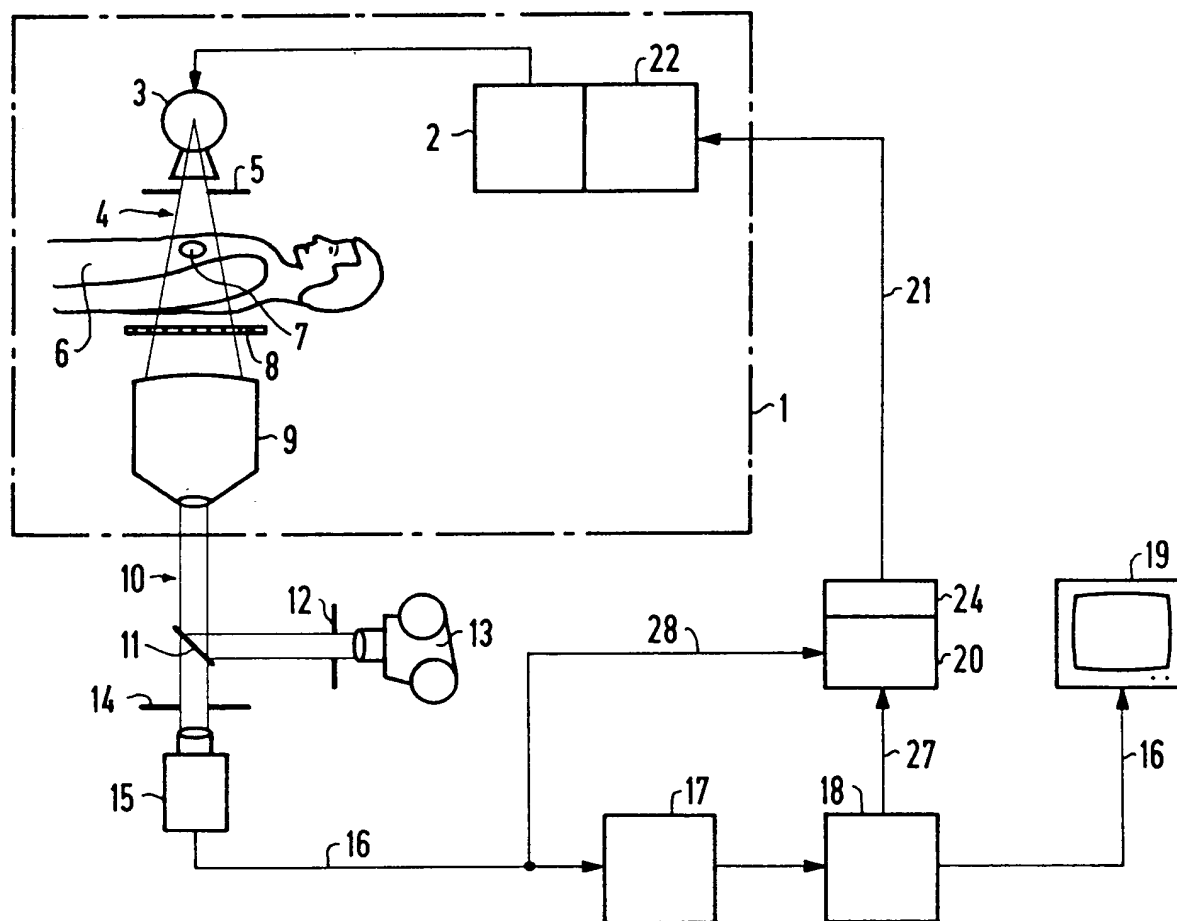
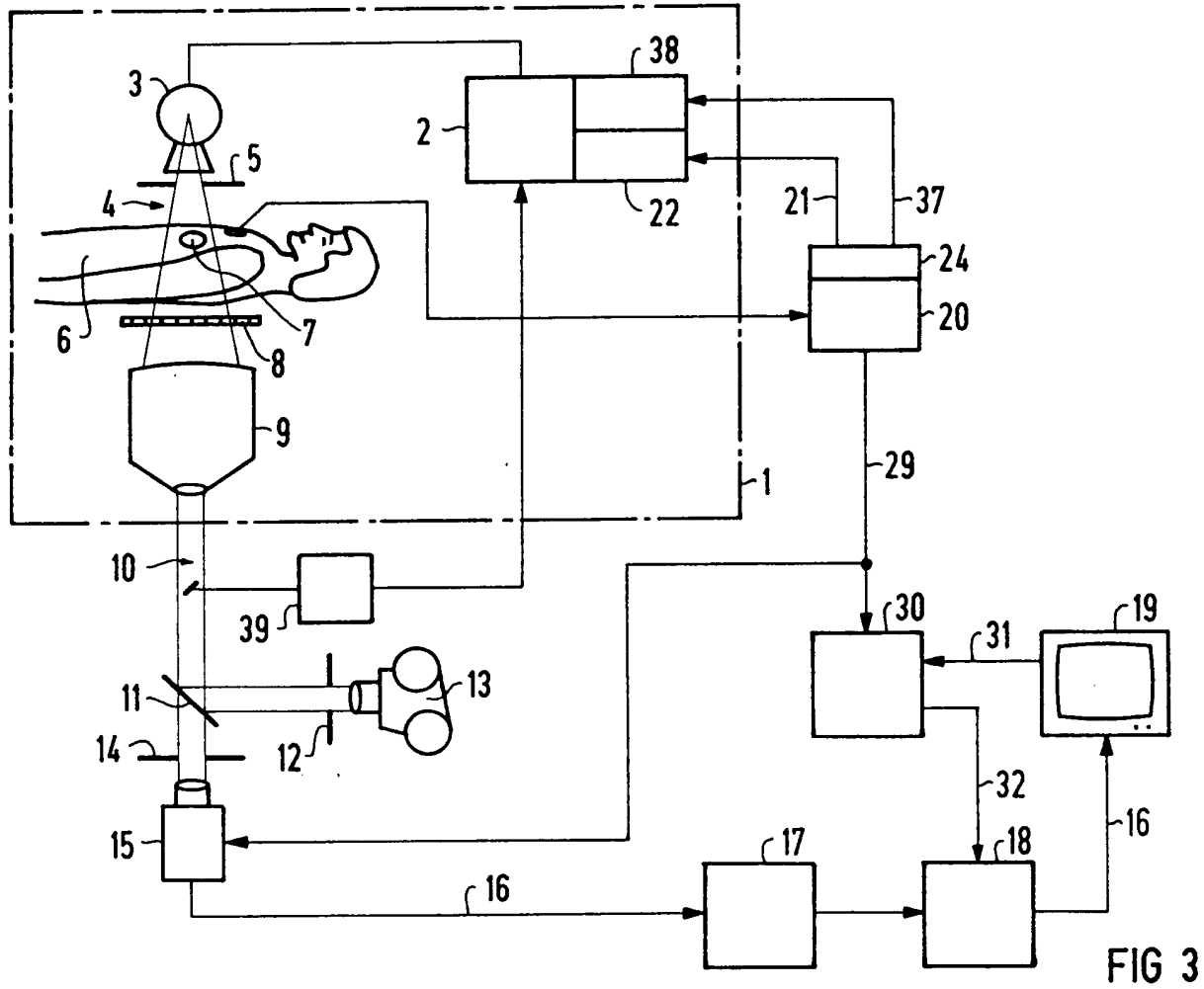


FIG 2



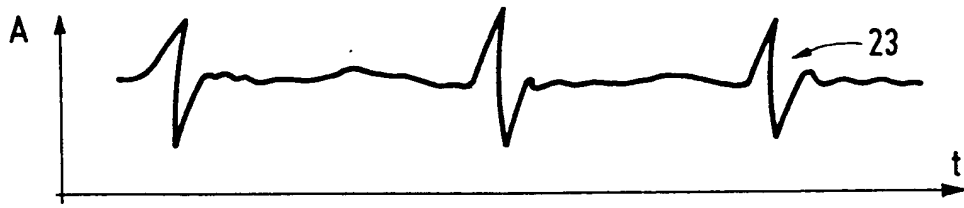


FIG 4



FIG 5

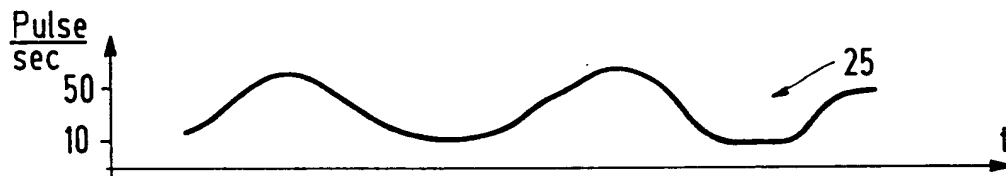


FIG 6

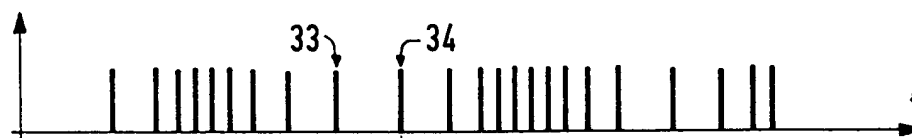


FIG 7

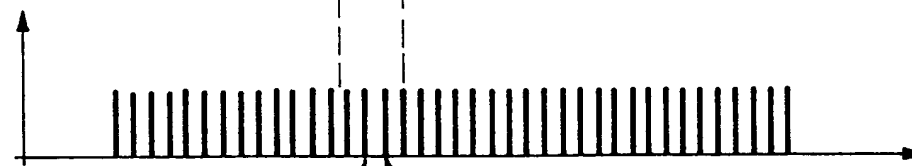


FIG 8